

# Analiza uticaja ispada proizvodnih jedinica u TENT A i B na gubitke u prenosnom sistemu Srbije

## Analysis of the Impact of Production Unit Outages in Tent A and B on Losses in the Transmission System of Serbia

Kovica Bibić\*, Ivana Stamenić\*, Tomislav Rajić\*\*

\* Elektromreža Srbije a.d. Beograd, Srbija

\*\* Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet, Beograd, Srbija

**Rezime** - U radu je analiziran uticaj ispada velikih proizvodnih jedinica u elektroenergetskom sistemu Srbije. U decembru 2021. godine, došlo je do ispada najvećih termo kapaciteta - termoelektrana Nikola Tesla A i B. U isto vreme, vetrogeneratori nisu proizvodili veliku snagu, zbog nepovoljnih vremenskih prilika, odnosno male brzine vetra. Pri tome, ukupni instalisani kapaciteti vetroelektrana, u Srbiji, nisu veliki. Kako bi se nadomestili nedostaci, bilo je potrebno uvoziti električnu energiju. Sve navedeno, imalo je za posledicu promenu tokova snaga po granama elektroenergetske mreže. Uvozom električne energije, znatno se povećava razdaljina između izvora električne energije i potrošača. To vodi do zaključka da će doći do promene ukupnih gubitaka električne energije u sistemu. Rad analizira, koliko bi bili gubici u elektroenergetskom sistemu kada bi Termoelektrane Nikola Tesla A i B bile u pogonu i koliki bi bili gubici da su vetroelektrane radile punim kapacitetom.

**Ključne reči** - proizvodna jedinica, gubici, tokovi snage

**Abstract** - This paper analyses the impact of outages of large generating units in the electric power system of Serbia. In December 2021, there was an outage of the largest thermal capacities - thermal power plants Nikola Tesla A and B. At the same time, the wind generators did not produce much power, due to unfavourable weather conditions, i.e. low wind speed. At the same time, the total installed capacity of wind power plants in Serbia is not large. In order to compensate for the deficiencies, it was necessary to import electricity. All of the above had the effect of changing the power flows in the branches of the electric power network. Importing electricity significantly increases the distance between the source of electricity and the consumption. This leads to the conclusion that there will be a change in the total losses of electrical energy in the system. The paper analyses how much the losses would be in the power system if the Nikola Tesla thermal power plants A and B were in operation and what the losses would be if the wind farms were working at full capacity.

**Index terms** - Production unit, Power losses, Load flow

### I UVOD

Prilikom prenosa električne energije, u prenosnoj mreži javljaju se gubici. Nabavka električne energije prilikom ispada velikih proizvodnih jedinica, obaveza operatora prenosnog sistema (EMS AD) [1, 2].

Prema zvaničnim objavljenim podacima na platformi za transparentnost, EMFIP (Electricity Market Fundamental Information Platform), ukupna instalisana snaga svih proizvodnih jedinica u Republici Srbiji, iznosi 9717 MW. Od toga najveći udeo imaju termoelektrane (5363 MW) i hidroelektrane (3105 MW). Najveće proizvodne jedinice su TENT A i TENT B sa instalisanim snagama 1766 MW odnosno 1300 MW. Trenutno instalisani kapacitet vetroelektrana iznosi 397 MW [1, 2, 5].

Iz navedenog se vidi da instalisani vetrokapaciteti nisu veliki i da ne mogu nadomestiti veliku energiju prilikom ispada termokapaciteta. Upravo se takav scenario dogodio u decembru 2021. godine. Termoelektrane Nikola Tesla A i B nisu radile punim kapacitetom zbog havarije. U istom trenutku, vetroagregati nisu imali veliku proizvodnju, jer je brzina vetra bila mala. Nedostatak energije, bilo je potrebno nadomestiti iz uvoza.

Promenom tokova snaga po granama, dolazi do promene gubitaka električne energije u elektroenergetskom sistemu Srbije. Glavni razlog za to je, što elektroenergetski sistem nije imao dovoljne kapacitete da se pokriju nedostaci. Realizacijom uvoza, značajno se povećavaju struje po granama mreže i razdaljina između proizvodne jedinice i potrošnje. Prethodno navedeno vodi do zaključka da se gubici, nakon havarije u termoelektranam, menjaju. U ovom radu je izvršena analiza gubitaka u elektroenergetskom sistemu Srbije za slučaj kada bi termoelektrane Nikola Tesla A i B bile u pogonu i kakvi bi bili gubici da su vetroagregati radili punim kapacitetom.

Proračun gubitaka u elektroenergetskom sistemu se vrši pomoću softverskog alata Transmission Network Analyzer (TNA). U osnovi programa, potrebno je uneti elektroenergetski sistem ne samo Srbije, već i okolnih zemalja, kako bi se uvažili i drugi proizvodni kapaciteti i sagledala šira slika, odnosno dobili tačniji rezultati. Proračunom snaga injektiranja u čvorovima elektro-

energetskog sistema Srbije, dolazi se do informacije o gubicima o čemu će detaljnije biti reči u poglavlju III [3, 4].

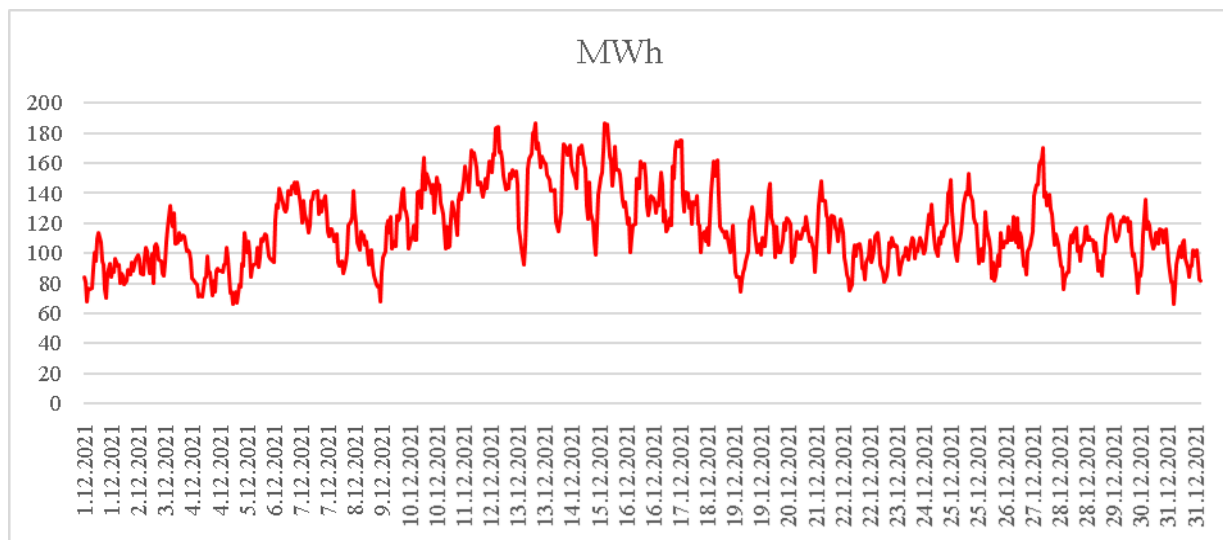
Takođe, biće dat pregled uvoza električne energije za vreme havarije, kako bi se stekao uvid u razmenu električne energije sa susednim zemljama.

## II OPIS MODELA

U raspodeli gubitaka aktivne snage (Slika 1) za decembar 2021. može se uočiti značajan porast gubitaka u periodu 12-15.12.2021.

Kao polazna osnova za izradu proračuna uzeti su modeli Jugoistočne Evrope za izabrane vremenske trenutke.

Regionalni model uključuje elektroenergetske sisteme sledećih zemalja: Austrija, Albanija, Bosna i Hercegovina, Bugarska, Grčka, Crna Gora, Hrvatska, Makedonija, Mađarska, Rumunija, Srbija, Slovačka, Slovenija, Ukrajina (Burštinsko ostrvo).



Slika 1. Raspodela gubitaka aktivne snage za decembar 2021

Tabela 1. Angažovanje proizvodnih jedinica

Proizvodna jedinica	Proizvodnja [MW]		
	12.12.	13.12.	15.12.
HE B. Bašta	396	396	393
HE Đerdap 1	1137	1126	1079
HE Đerdap 2	212	206	223
HE Zvornik	121	120	116
HE Potpeć	48	50	33
HE Kokin Brod	8	16	16
HE Bistrica	61	86	84
Vlasinske HE	106	103	107
HE Pirot	73	39	0
HE Uvac	20	21	0
TE Kolubara	21	20	23
TE Kostolac A	228	237	228

Model prenosnog sistema Republike Srbije sadrži sve gorenabrojane elemente prenosnog sistema. Model je potpuno prilagođen stvarnim vrednostima proizvodnje, konzuma i razmena po interkonektivnim dalekovodima za svaki od izabranih vremenskih trenutaka.

Konzum elektroenergetskog sistema Srbije iznosi:

- 12.12.2021. 11h ( $P_{load}=4746$  MW),
- 13.12.2021. 11h ( $P_{load}=5395$  MW),
- 15.12.2021. 11h ( $P_{load}=5524$  MW).

Angažovanje proizvodnih jedinica u izabranim vremenskim trenucima prikazano je u Tabeli 1.

Odarbana su sledeća tri karakteristična vremenska preseka u tom periodu - trenuci sa najvećim gubicima snage u prenosnoj mreži:

- 12.12.2021. 11h ( $P_{\gamma}=183.62$  MW),
- 13.12.2021. 11h ( $P_{\gamma}=180.82$  MW),
- 15.12.2021. 11h ( $P_{\gamma}=187.05$  MW).

TE Kostolac B	540	572	289
TE Morava	0	71	82
TENT A	100	59	241
TENT B	371	256	870
TE-TO Novi Sad	80	78	94
RHE B. Bašta	354	396	210
HE Elektromorava	17	17	13
VE Čibuk	152	22	4
VE Kovačica	104	38	2
VE Alibunar	38	2	1
VE Košava	44	10	2

Ukupne razmene na interkonektivnim dalekovodima u izabranim vremenskim trenucima, prikazane su u Tabeli 2.

Predznak minus predstavlja uvoz električne energije.

**Tabela 2.** Ukupna razmena na interkonektivnim dalekovodima

Total P[MW]		
12.12.	13.12.	15.12.
-499	-1454	-1427

Ukupna proizvodnja TENT A i TENT B za sva tri slučaja iznosi kao što je prikazano u Tabeli 3.

**Tabela 3.** Ukupna proizvodnja TENT A i TENT B

Proizvodnja TENT A i TENT B P[MW]		
12.12.	13.12.	15.12.
471	315	1111

Ukupna proizvodnja TENT A i TENT B 11.12. u 11 h iznosila je 1766 MW, dok gubici u prenosnom sistemu Srbije iznose 140,2 MW. Konzum u tom satu iznosio je 4993 MW, dok je ukupan uvoz iznosio je 154 MW.

Kako bi se proverio uticaj proizvodnje TENT A i TENT B na gubitke aktivne snage u prenosnom sistemu, simulirani su sledeći režimi: Proizvodnja TENT A i TENT B u modelima je podignuta na vrednost 1766 MW (proizvodnja 11.12. - pre ispada generatorskih jedinica). Na račun povećanja proizvodnje iz TENT A i TENT B, smanjen je uvoz električne energije.

Proizvodnja vetroelektrana je različita u sva tri izabrana vremenska trenutka. U prvom slučaju (12.12.) proizvodnja vetroelektrana je na maksimumu instalisane snage, dok je u druga dva slučaja proizvodnja vetroelektrana minimalna (13.12. i 15.12.).

Kako bi se proverio uticaj proizvodnje vetroelektrana na gubitke aktivne snage u prenosnom sistemu, simulirani su i obrnuti slučajevi - minimum proizvodnje vetroelektrana u prvom režimu, kao i maksimum proizvodnje vetroelektrana u druga dva režima. Na račun smanjenja/povećanja proizvodnje iz vetroelektrana, povećan/smanjen je uvoz električne energije.

### III PRORAČUN GUBITAKA U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU

Proračuni su odrađeni u softverskom alatu Transmission Network Analyzer (TNA). TNA softver je namenjen za kreiranje modela za prognozu za 24 časa, njihovo spajanje, i izvršavanje DACF analiza. Obezbeđen je za 14 operatora prenosnih sistema u Jugoistočnoj Evropi kao automatski softverski alat za prognoze zagušenja dan unapred (DACF).

Proračuni koji se mogu izvršiti unutar softvera:

- tokovi snaga i proračuni sigurnosti (n-1, n-x),
- PTDF/Maxflow proračuni za procese koordinisanih aukcija zasnovanih na fizičkim tokovima snaga u Centralnoistočnoj i Jugoistočnoj Evropi,
- analize osetljivosti; OTDF, AC/DC poređenja, post-aukcijske analize,
- proračuni NTC-a,
- proračuni kratkih spojeva,
- prognoza zagušenja (DACF, D2CF, IDCF).

Prilikom rešavanja problema tokova snaga, treba napomenuti da postoje formalna i suštinska ograničenja. Rešavanjem jednačina injektiranja ne određuje se fazni stav napona pojedinih čvorova,

već se određuju razlike faznih stavova napona pojedinih čvorova. Dodavane iste proizvoljne vrednosti na sve fazne stavove napona ne utiče na rešenje jednačina tokova snaga. U sistemu postoje tri vrste čvorova: generatorski, potrošački i balansni čvor [4].

Veličine koje se pojavljuju prilikom definisanja jednačina za snage u čvorovima su aktivna snaga, reaktivna snaga, napon i fazni stav napona, odnosno razlika u odnosu na fazni stav referentnog (balansnog čvora). Ukoliko bi sve veličine bile nepoznate, moralo bi postojati 4 N jednačina. Međutim, u sistemu postoji 2 N jednačina, gde N predstavlja broj čvorova. Da bi sistem bio rešiv, potrebno je da u svakom čvoru budu unapred poznate dve veličine. U Tabeli 4 prikazan je pregled koje veličine su poznate u odgovarajućim čvorovima.

**Tabela 4.** Poznate veličine u zavisnosti od tipa čvora

Tip čvora	P	Q	U	$\Theta$
generatorski	x		x	
potrošački	x	x		
balansni			x	x

Generatorski čvorovi se još nazivaju i (P,U) čvorovi. Kod njih se aktivna snaga injektiranja održava na zadatoj vrednosti. Ova zadata vrednost se u modernim elektroenergetskim sistemima izlazi iz programskog paketa u kome se računa optimalno angažovanje agregata i održava se na zadatoj vrednosti preko i pomoću turbinskog regulatora. Pored toga i moduli napona (U) se određuju na zadatoj vrednosti i to po pravilu pomoću automatske regulacije pobude [4].

Potrošački čvorovi se nazivaju i (P,Q) čvorovi. To su čvorovi u kojima su i aktivno i reaktivno injektirane zadate veličine. Pošto je prema konvenciji pozitivno injektiranje sa smerom u mrežu, to su onda ove snage negativne, ako su u pitanju čisto potrošački čvorovi. Nepoznate veličine kod ovih čvorova su moduli i fazni stavovi napona [4].

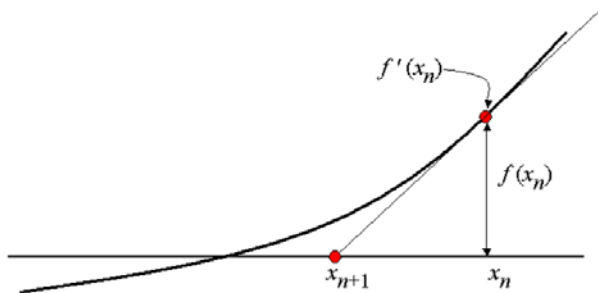
Balansni čvor je čvor sa zadatim modulom napona (U) i konstantnim faznim stavom. Ako bi u ovom čvoru bila definisana i unapred poznata aktivna snaga injektiranja (P), onda bi problem bio predefinisani, jer bi taj parametar bio poznat u svim čvorovima. Zbog toga, ovde se zadaje fazni stav ( $\Theta$ ) i to je jedini čvor gde je ovaj podatak poznat [4].

Numerički postupci koji se koriste u proračunima tokova snaga su: Gaus (*Gauss*), Gaus-Zajdel (*Gauss-Seidel*), Njutn-Rafson (*Newton-Raphson*), Stot (*Stott*) raspregnuti, Stot brzi postupak i DC postupak. Često se koristi Njutn-Rapsonov postupak. Operator sistema u Republici Srbiji (EMS) koristi u proračunima upravo ovaj postupak.

Zajedničko za sve iterativne numeričke postupke je da su neophodna početna pogađanja za nepoznate veličine koje se određuju iterativnom procedurom. Obično se pretpostavlja da su svi naponi na početku jednaki naponu u balansom čvoru i da su fazni stavovi napona takođe jednaki faznom stavu napona u balansom čvoru. Takav način pretpostavljanja početnih uslova, naziva se ravan start (flat-start). Nakon toga počinje numerički postupak, koji može da konvergira ili divergira. Proračunate

veličine nakon prve iteracije se upoređuju sa početnim vrednostima. U svakom narednom koraku se proračunate veličine upoređuju sa prethodnim korakom. Proračun je završen, ukoliko se uporedne veličine razlikuju za manje od unapred predefinisane vrednosti ( $\epsilon$ ). Ukoliko proračun divergira, ovaj uslov nikad neće biti zadovoljen. Zbog toga se kao drugo ograničenje koristi broj iteracija [4].

Njtn-Rapsonov metod poseduje kvadratnu konvergenciju. Na slici 2 prikazano je određivanje nule nelinearne funkcije, na kojoj je baziran ovaj metod.



Slika 2. Određivanje nule nelinearne funkcije

Ideja je da se pronade takva linearna aproksimacija u odgovarajućoj tački za koju je lako, rešavanjem linearne jednačine, naći nulu funkcije. Funkcija treba da bude kontinualna i diferencijabilna. Za početnu tačku ( $x_n$ ), koje je dovoljno blizu konačnom rešenju, odredi se prvi izvod funkcije  $f'(x_n)$ . Povlačenjem tangente kroz tu tačku, određuje se druga tačka koja predstavlja presek tangente i x-ose ( $x_{n+1}$ ). Opisani postupak predstavlja jednu iteraciju. U sledećem koraku se određuje vrednost funkcije za novu vrednost nezavisne promenljive. Zatim se kroz tu tačku, povlači nova tangenta i tako redom dok se ne dođe do prihvatljivo bliske vrednosti nuli funkcije.

Primenom ove metode na proračun nepoznatih veličina, funkcije su zapravo jednačine za snage u svakom čvoru. Prvi izvodi aktivnih i reaktivnih snaga po promenljivim naponima i faznim stavovima predstavljaju Jakobijevu matricu. Dimenzije ove matrice zavise od broja čvorova i njena inverzija zahteva procesorske resurse i vreme.

Konačno, kada se odrede snage u svim čvorovima, vrlo jednostavno se mogu izračunati gubici u sistemu. Razlika snaga generisanja i potrošnje u svakom čvoru definiše snagu injektiranja u tom čvoru. Gubici se izračunavaju tako što se algebarski saberu sve snage injektiranja za čvorove sistema [4].

$$P^{\text{gub}} = \sum (P_G - P_P) \quad (1)$$

$$Q^{\text{gub}} = \sum (Q_G - Q_P) \quad (2)$$

U jednačinama (1) i (2) su:

$P^{\text{gub}}$  i  $Q^{\text{gub}}$  - gubici aktivne i reaktivne snage u sistemu  
 $P_P$  i  $Q_P$  - snage potrošnje u pojedinim čvorovima i  
 $P_G$  i  $Q_G$  - snage generisanja u pojedinim čvorovima.

#### IV REZULTATI PRORAČUNA

U nastavku (Tabela 5 i 6), prikazani su rezultati proračuna - dat je pregled gubitaka aktivne snage kao i ukupne razmene na interkonektivnim dalekovodima nakon promene angažovanja TENT A i TENT B:

Tabela 5. Gubici u prenosnoj mreži nakon ispada TENT A i B

Gubici $P_y$ [MW]		
12.12.	13.12.	15.12.
165.22	164.56	170.56

Tabela 6. Ukupna razmena na interkonektivnim dalekovodima

Total P[MW]		
12.12.	13.12.	15.12.
469	351	-417

Analizirano je stanje koje je bilo zastupljeno u trenucima dok termoelektrane Nikola Tesla A i B nisu bile u pogonu. To je suprotno od stanja kao što je bio slučaj dan ranije (11.12). To stanje je okarakterisano kao „Osnovno stanje” u Tabeli 7. Tu je prikazano koliko su iznosili gubici u tim trenucima. Treba obratiti pažnju da su u tabeli prikazani gubici snage. Izabran je trenutak kada su gubici snage bili maksimalni, a to je u 11 časova za svaki od navedena tri dana. Dodatna analiza je urađena za pretpostavku da su termoelektrane NT A i B bile angažovane sa istim kapacitetom kao i dan ranije, pre ispada. U programu Transmission Network Analyzer (TNA), zadržani su isti podaci za potrošnju, ali su proizvodni kapaciteti za TENT A i B povećani na nivo koji s imali 11.12. u 11h. Želja je da se analiziraju gubici u mreži za ova dva stanja-jedan realan (kako je i bilo u praksi) i drugi hipotetički (kao da su TENT A i B radili sa većim kapacitetom). Drugo, hipotetičko stanje je u Tabeli 7 nazvano kao „Dodatno angažovanje TENT A i B”. U drugom delu Tabele 7, data je razlika u gubicima, a za dva komentarisana slučaja. Iz Tabele 7 se vidi, da su razlike u gubicima i do 10% manje u odnosu na stvarno stanje koje se dogodilo. Treba napomenuti da je samo analizirano kakav uticaj na gubitke bi imali povećani kapaciteti TENT A i B. U ovoj analizi, razmatrani su realni doprinosi vetroelektrana koji nisu bili veliki, jer nije bilo značajnog uticaja vetra. Čak i veći instalisani kapaciteti vetroagregata ne bi dali značajne promene u zaključcima baš iz tog razloga.

Zanimljivo je da bi 12.12. i 13.12. bio obezbeđen izvoz električne energije, a 15.12. uvoz u 11 h, kada bi TENT A i B radile sa većim kapacitetom.

Slična analiza je urađena za drugačiji doprinosi vetroelektrana, a rezultati su prikazani u nastavku. Dat je pregled gubitaka aktivne snage (Tabela 8) kao i ukupne razmene na interkonektivnim dalekovodima (Tabela 9) nakon promene angažovanja vetroelektrana. U ovom slučaju, pretpostavljeno je da su vetrogeneratori radili punim kapacitetom, odnosno da su vremenske prilike bile takve, da su svi davali maksimalnu snagu. To bi značilo da agregati rade u zaravnjenom delu svoje karakteristike, kada je izlazna snaga maksimalna. Sa druge strane, pretpostavlja se da termoelektrane NT A i B nisu radile sa punim kapacitetom, već sa snagom koju su stvarno imale tokom havarije.

**Tabela 7.** Razlike gubitaka u prenosnoj mreži

Režimi proračuna	Gubici $P_{\gamma}$ [MW]		
	12.12.	13.12.	15.12.
Osnovno stanje	183,62	180,82	187,05
Dodatno angažovanje TENT A i B	165,22	164,56	170,56
<b>Gubici <math>P_{\gamma}</math> - razlika</b>			
[MW]	18,4	16,26	16,49
[%]	10,02	8,99	8,82

**Tabela 8.** Gubici u prenosnoj mreži

Gubici $P_{\gamma}$ [MW]		
12.12.	13.12.	15.12.
186.8	175.12	180.23

**Tabela 9.** Ukupna razmena na interkonektivnim dalekovodima

Total P[MW]		
12.12.	13.12.	15.12.
-837	-1100	-1073

**Tabela 10.** Razlike gubitaka u prenosnoj mreži

Režimi proračuna	Gubici $P_{\gamma}$ [MW]		
	12.12.	13.12.	15.12.
Osnovno stanje	183,62	180,82	187,05
Promena angažovanja vetroelektrana	186,8	175,12	180,23
<b>Gubici <math>P_{\gamma}</math> - razlika</b>			
[MW]	-3,18	5,7	6,82
[%]	1,73	3,15	3,65

U Tabeli 10 prikazani su rezultati proračuna. Stanje koje je bilo zastupljeno u praksi, nazvano je „Osnovno stanje”. Stanje koje podrazumeva maksimalno učešće vetroagregata, kad bi izlazna snaga svih agregata bila maksimalna, nazvano je „Promena angažovanja vetroelektrana”. U drugom slučaju, doprinos TENT A i B je onoliki koliko je i iznosio za vreme havarija, a to znači minimalan. U oba slučaja, prikazani su gubici. Za drugo hipotetičko stanje, rezultati su dobijeni korišćenjem softvera TNA.

U Tabeli 10 je uočljivo da su promene u ukupnim gubicima elektroenergetskog sistema manje nego za prethodnu analizu. To je očekivano, jer se veća snaga uvozila preko interkonektivnih dalekovoda. Glavni uzrok je što se sada velika snaga prenosila na velike udaljenosti. Ideja je da se stekne uvid u brojne vrednosti gubitaka aktivne snage za ova dva hipotetička slučaja. Interesantno je da se za datum 12.12. u 11h dobija negativan rezultat, što znači da su gubici bili veći, ali se za datume 13.12. i 15.12. u 11h dobijaju manji gubici za drugu analizu, kada bi vetroagregati bili u punom pogonu.

Za buduća razmatranja, interesantno je analizirati kakvi bi gubici bili ako se uzme u obzir veća instalisana snaga vetroagregata od

5000 MW. Ova instalisana snaga je predviđena planom razvoja prenosnog sistema [6].

#### V ZAKLJUČAK

U decembru 2021. godine došlo je do ispada najvećih proizvodnih jedinica u elektroenergetskom sistemu Republike Srbije (TENT A i TENT B). U radu je analiziran uticaj ispada ovih jedinica na ukupne gubitke snage u elektroenergetskom sistemu Srbije.

Analizirana su dva hipotetička slučaja i rezultati proračuna su upoređeni sa brojnim vrednostima gubitaka koji su zaista bili zastupljeni tokom havarija TENT A i B. Jedan hipotetički slučaj je urađen za pretpostavku da su TENT A i B radile sa onolikom kapacitetom sa kojim su i bile angažovane dan pre havarije, a to je 11.12. u 11h. Drugi hipotetički slučaj uzima u obzir maksimalnu angažovanost svih vetroagregata koji su instalirani i priključeni na elektroenergetski sistem Srbije. Drugim rečima, pretpostavljeno je da su vremenske prilike (brzina vetra) bile takve da je izlazna snaga svih vetroagregata bila maksimalna.

Rezultati pokazuju da bi se za veću angažovanost TENT A i B dobijaju manji gubici u sistemu (do 10%), ali da je čak i u tom slučaju potrebno obezbediti uvoz električne energije za dan 15.12. Sa druge strane, pri maksimalnoj angažovanosti vetroagregata, za dan 12.12, rezultati pokazuju da su gubici u sistemu čak i veći. Inače, za sva tri analizirana dana, potrebno je obezbediti uvoz iako su maksimalno angažovani vetroagregati. Buduća istraživanja treba da budu usmerena na uvažavanje većih instalisanih kapaciteta vetroagregata.

#### LITERATURA/REFERENCES

- [1] Elektroprivreda Srbije, <http://www.eps.rs/cir> [pristupljeno 13.06.2022]
- [2] Elektromreža Srbije a.d. Beograd, <http://ems.rs/> [pristupljeno 13.06.2022]
- [3] Rajaković, N. *Analiza elektroenergetskih Sistema I*, Akademska misao, Beograd, 2002.
- [4] Rajaković, N. *Analiza elektroenergetskih Sistema II*, Akademska misao, Beograd, 2002.
- [5] EMFIP - Electricity Market Fundamental Information Platform, <https://www.entsoe.eu/data/transparency-platform/> [pristupljeno 13.06.2022]
- [6] Plan razvoja prenosnog sistema 2022-2031., AD Elektromreža Srbije [https://www.aers.rs/FILES/JavnaKonsultacija/Plan%20razvoja%20pren.%20sistema%202021-2030\\_JavnaKonsultacija.pdf](https://www.aers.rs/FILES/JavnaKonsultacija/Plan%20razvoja%20pren.%20sistema%202021-2030_JavnaKonsultacija.pdf) [pristupljeno 13.06.2022]

#### AUTORI/AUTHORS

**msr Kovica Bibić** - master inženjer elektrotehnike i računarstva, Elektromreža Srbije a.d. Beograd, Srbija, e-mail: kovica.bibic@ems.rs, ORCID [0000-0003-2462-2026](https://orcid.org/0000-0003-2462-2026)

**msr Ivana Stamenić** - master inženjer elektrotehnike i računarstva, Elektromreža Srbije a.d. Beograd, Srbija, e-mail: ivana.stamenic@ems.rs, ORCID [0000-0003-4851-1937](https://orcid.org/0000-0003-4851-1937)

**dr Tomislav Rajić** - docent, Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet, Beograd, Srbija, e-mail: rajic@etf.rs, ORCID [0000-0003-4796-4117](https://orcid.org/0000-0003-4796-4117)